

А. А. НИКОНОВ

СОВРЕМЕННЫЕ СЕЙМОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДИСЛОКАЦИИ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ СРЕДНЕЙ АЗИИ

(Представлено академиком М. А. Садовским 4 XI 1974)

Подвижки по существующим разломам или возникновение новых разрывов во время сильных землетрясений нередко проявляются на поверхности Земли в виде линейных сеймотектонических дислокаций или остаточных деформаций (¹⁻³). В Средней Азии подробные специальные геолого-геоморфологические исследования сеймотектонических дислокаций осуществлены после некоторых из известных землетрясений *: 1887 г., $J=IX$ ($7,2 < M \leq 8$) (⁴); 1911 г., $M=8,7$ (^{1, 5}); 1949 г., $M=7,5$ (⁶) и др.

В последние годы автор изучил с этой точки зрения эпицентральные зоны нескольких разрушительных землетрясений прошлого — Беловодского 1885 г., $J=IX$ ($6,5 < M \leq 7,2$), Карагагского 1907 г., $M=7-8$, Файзабадского 1943 г., $M=6$ (^{8, 9}). В эпицентральных зонах этих землетрясений на поверхности обнаружены и изучены не отмеченные ранее свежие сеймотектонические дислокации. Они представлены сеймотектоническими уступами и рвами со следами подвижек подобно тем, которые возникали при известных землетрясениях — Белуджистанском 1892 г. (²), Северо-Тяньшаньском 1911 г., $M=8,7$ (⁴), Иранских землетрясениях 1962 г., $M=7-7,5$, и 1968 г., $M=7,3$ (^{10, 11}), а также при сильных землетрясениях в Монголо-Байкальском сейсмическом поясе (³) и в других сейсмических областях мира.

В эпицентральных зонах 13 из 23 землетрясений 1885—1970 гг. с $M \geq 6,5$ в горных районах советской Средней Азии и прилегающей с востока территории (¹³) обнаружены сеймотектонические дислокации, в трех известны крупные сейсмогравитационные явления, которые могут скрывать возникшие на поверхности подвижки, о пяти эпицентральных зонах сведения отсутствуют (рис. 1). Только в эпицентральной зоне Верненского землетрясения 1887 г., $J=IX$, у подножия Заилийского Алатау, сеймотектонические разрывы на поверхности отсутствовали, хотя гравитационные образования были многочисленны (⁴).

По старым описаниям не всегда можно однозначно решить, имеем ли мы дело во всех случаях с первичными сеймотектоническими проявлениями или с вторичными поверхностными разрывами в результате действия сейсмических волн. Поэтому автор стремился не использовать сомнительные случаи для дальнейшей обработки.

За пределами эпицентральных зон (изосейст высших баллов) современные сеймотектонические дислокации не обнаруживаются, а только вторичные или гравитационные разрывы поверхности.

Большая часть сеймотектонических разрывов на поверхности располагается продольно по отношению к главным структурным элементам, например, при землетрясении 1911 г., но известны также поперечные и секущие (при землетрясениях 1907, 1934, 1949 и 1970 гг.). Подвижки по разломам, где они устанавливаются на поверхности, большей частью вертикальные, но отмечены также подвижки сдвигового характера. Последние устанавливаются для землетрясений 1889 г., 1902 г. Андижанского, 1946 г. В ряде случаев они могли остаться незамеченными из-за методических трудностей и недостаточного внимания к ним в прошлые годы.

* Значения M и J приводятся по (⁷), стр. 30—35.

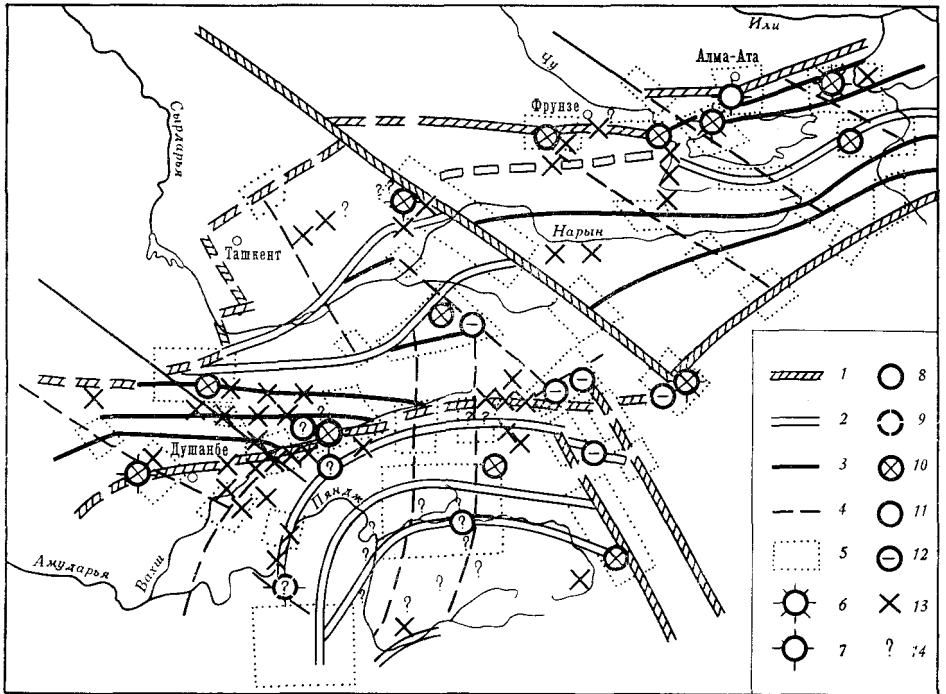


Рис. 1. Морфоструктурная схема Средней Азии с эпицентрами сильных землетрясений и крупными сейсмодислокациями.

I. Элементы морфоструктуры (по Е. Я. Ранцман, с изменениями автора для южной части). 1–3. Продольные зоны разломов: 1 – границы горных стран и морфоструктурных областей, 2 – границы мегаблоков, 3 – границы блоков; 4 – секущие и поперечные зоны разломов (границы блоков); 5 – сеймотектонические узлы.

II. Эпицентры сильных землетрясений с $M \geq 6,5$ или энергетических классов $K=16-18$ (по ⁽¹³⁾): 6 – $K=18$ ($M > 8,1$), 7 – $K=17$ ($7,2 < M \leq 8$), 8 – $K=16$ ($6,5 < M \leq 7,2$); 9 – предположительное местоположение эпицентра землетрясения 1832 г., по данным автора.

III. Крупные сейсмодислокации и группы сейсмодислокаций на поверхности (по данным автора, О. И. Гущенко, Ш. Ш. Деникаева, К. В. Курдюкова, В. К. Кучая, О. П. Сапова и др.). 10–12. Дислокации, связанные с известными землетрясениями и располагающиеся в их эпицентральных зонах: 10 – сеймотектонические дислокации – рвы, уступы, трещины в коренных породах, 11 – в эпицентральных зонах известных сейсмогравитационные дислокации, которые, возможно, маскируют сеймотектонические, 12 – эпицентральные зоны не обследованы; 13–14. Дислокации, возникшие при землетрясениях последних тысяч – десятков тысяч лет: 13 – сеймотектонические дислокации и группы дислокаций, 14 – крупные сейсмогравитационные дислокации, частично, возможно, маскирующие сеймотектонические дислокации

Собранные данные о сеймотектонических разрывных дислокациях позволяют дать в первом приближении количественные соотношения между магнитудой землетрясений M , с одной стороны, величинами разрывов на поверхности — длиной возникающих разрывов l , длиной зон разрывов L , величиной смещений по разрывам D , глубиной h и шириной b возникающих рвов и трещин, с другой. Известным способом ⁽¹⁴⁾ составлялись графики соотношения магнитуды с максимальными величинами разрывов и отдельно со средними. Мы приводим лишь первый тип графиков (рис. 2).

Разброс точек на графиках можно связывать как с недостаточной точностью исходных данных, в том числе и M , особенно для давних землетрясений, так и с различиями в глубине очагов, составе и условиях залегания подстилающих пород, ориентировке разрывов относительно структур и элементов рельефа и др. Тем не менее общий характер зависимостей не вызывает сомнений и позволяет определять средние соотношения.

При рассмотрении длин возникающих разрывов выявилась необходи-

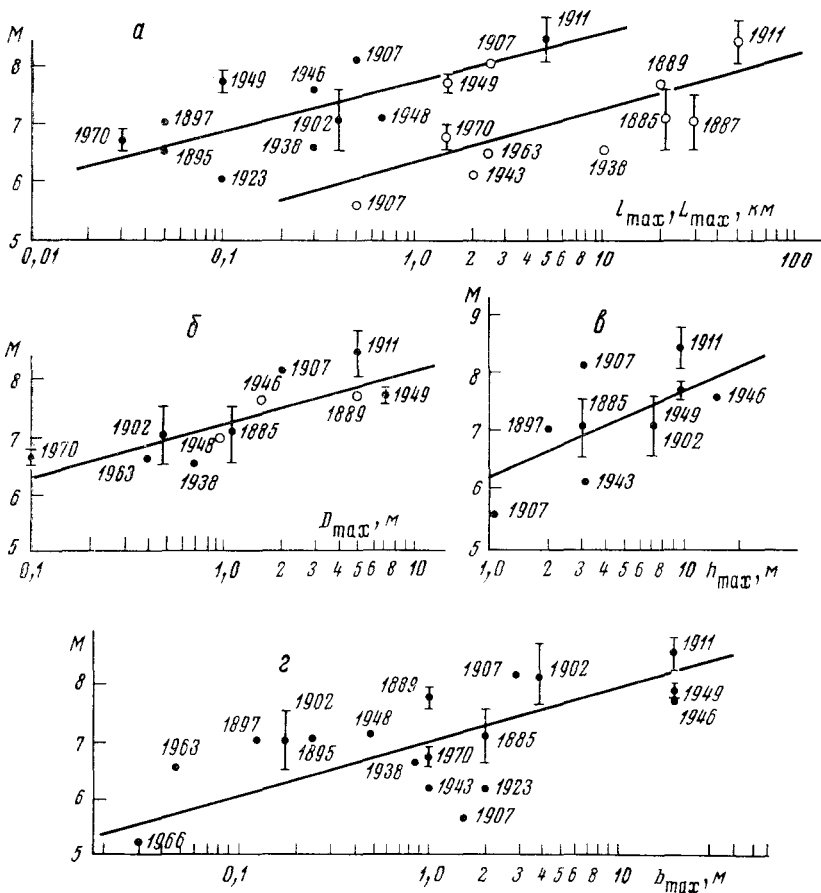


Рис. 2. Соотношения между магнитудой сильных землетрясений Средней Азии ($5,5 \leq M \leq 8,5$) и максимальными размерами связанных с ними сейсмотектонических разрывов и смещений на поверхности. Цифры у точек — годы землетрясений. Магнитуды заимствованы из (7), магнитуда Чуйчинского 1907 г. по (15). *a* — отношение магнитуды к длине l_{\max} отдельных разрывов (темные точки) и к длине L_{\max} зон разрывов (светлые точки); *б* — отношение магнитуды к величине смещения D_{\max} по разрывам, темные точки — вертикальные смещения, светлые — горизонтальные; *в* — отношение магнитуды к глубине h_{\max} трещин и рвов, *г* — отношение магнитуды к ширине b_{\max} трещин и рвов

мость различать величины отдельных, или элементарных, разрывов l и целых зон L , состоящих из элементарных кулисно подставляющих друг друга или следующих с перерывами разрывов. Соответственно вместо обычно составляемого одного графика $L(M)$ автор построил два графика $l(M)$ и $L(M)$ (см. рис. 2*a*). Получены соотношения

$$M = 7,65 + 0,83 \lg l_{\max}, \quad l \text{ в км}; \quad (1)$$

$$M = 6,30 + 0,97 \lg L_{\max}, \quad L \text{ в км}. \quad (2)$$

При определении зависимости величины смещения по разрывам от магнитуды землетрясения ($D(M)$) осредняющая линия из-за малочисленности данных проведена независимо от того, была ли преобладающей вертикальная или горизонтальная составляющая (см. рис. 2*б*). Несмотря на это на графике $D(M)$ по сравнению с другими разброс точек оказался наименьшим. Полученная зависимость характеризуется соотношениями

$$M = 5,43 + 0,90 \lg D_{\max}, \quad D \text{ в см}. \quad (3)$$

Графики соотношения $h(M)$ и $b(M)$ дают значительный разброс точек (рис. 2*в*, *г*). Все равенства можно считать справедливыми только в пределах $6 \leq M \leq 8,5$.

Таблица 1

Соотношение длины L зон поверхностных разрывов и величины смещений D по ним с магнитудой землетрясений M в различных сейсмических районах

Регион, источник	$M \geq 7,5$		$7,5 > M > 6,5$		$6,5 \geq M \geq 6,0$	
	L_{\max} , км	D_{\max} , м	L_{\max} , км	D_{\max} , м	L_{\max} , км	D_{\max} , м
Калифорния и Невада, ⁽¹⁴⁾	80—500	4—10	6—80	1—7	1,5—6	0,1—0,3
Монголо-Байкальский регион, ⁽³⁾	50—850	10	≤ 45	$\leq 7-8$	—	—
Средняя Азия, паши данные	20—50	2—10	1,5—20	0,2—2	0,5—1,5	0,2

Полученные данные показывают, что в пределах Среднеазиатского орогена, как и в ряде других сейсмоактивных районов мира, сейсмотектонические разрывы на поверхности начинают появляться при землетрясениях с $5,5 \leq M < 6$, а смещения по таким разрывам — при землетрясениях с $M \geq 6,5$. Как и следовало ожидать, величины разрывов и смещений по ним возрастают с возрастанием магнитуды соответствующего землетрясения. Максимальная известная в регионе длина разломов $L=50-200$ км связывается с крупнейшим из известных — землетрясением 1911 г. в Северном Тянь-Шане с $M=8,7$.

Полученные для Средней Азии графики и формулы для землетрясений рассмотренных магнитуд подобны таковым для других сейсмически активных областей Земли. Общее отличие по сравнению, например, с Монголо-Байкальским регионом, Калифорнией и Невадой и средними для мировых данных соотношений состоит в том, что в Средней Азии при том же значении магнитуд величина возникающих дислокаций и смещений по ним значительно меньше (табл. 1).

Связано ли это с различиями в характере напряженного состояния, свойствах пород земной коры или с различными механизмами землетрясений, однозначно сказать трудно. Несомненно только, что зависимости, установленные в отдельных сейсмоактивных регионах, или даже усреднения для различных районов земного шара не могут быть справедливы в другом регионе, в частности в Средней Азии, и наоборот.

Изучение современных и голоценовых сейсмотектонических движений по разрывам открывает новые возможности выявления тектонически и сейсмически наиболее активных зон и участков, уточнения тектонических реконструкций и количественных расчетов движений прошлого, усовершенствования сейсмического районирования и оценки сейсмической опасности.

Автор благодарен И. В. Ананьину, В. И. Бунэ, В. И. Кейлис-Бороку и В. В. Штейнбергу за ознакомление с рукописью и замечания.

Институт физики Земли им. О. Ю. Шмидта
Академии наук СССР
Москва

Поступило
30 X 1974

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ К. И. Богданович, И. М. Карк и др. Тр. Геол. комит., нов. сер., в. 89, СПб, 1914.
- ² Ч. Рихтер, Элементарная сейсмология, ИЛ, 1963. ³ В. П. Солоненко, Р. А. Курушин и др., Проблемы современных движений земной коры, М., 1969. ⁴ И. В. Мушкетов, Тр. Геол. комит., т. 10, № 1, СПб, 1890. ⁵ В. К. Кучай, Геология и геофизика, № 12 (1972). ⁶ Н. Н. Леонов, Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 3 (1960). ⁷ Сейсмическое районирование СССР, «Наука», 1968. ⁸ А. А. Никонов, Сейсмогенные структуры и сейсмодислокации, М., 1973. ⁹ А. А. Никонов, Физика Земли, № 12 (1974). ¹⁰ N. N. Ambraseys, Bull. Seismol. Soc. Am., v. 55, № 4 (1963). ¹¹ N. N. Ambraseys, J. S. Tchalenko, Nature, v. 220, № 5170 (1968). ¹² М. М. Бронников, Изв. Геол. комит., т. 27, № 7 (1908). ¹³ И. М. Гельфанд, Ш. А. Губермен и др., Вычислительные и статистические методы интерпретации сейсмических данных, «Наука», 1973. ¹⁴ Д. Точер, Слабые землетрясения, ИЛ, 1961. ¹⁵ И. Е. Губин, Закономерности сейсмических проявлений на территории Таджикистана, Изд. АН СССР, 1960.